

МЕТОДЫ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА В УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБКАХ

ЧжанХунжу

Научный руководитель: ассистент кафедры ОФ ФТИ Гулидова Л.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: zhanghongru1993@gmail.com

METHODS FOR HYDROGEN STORAGE IN CARBON NANOTUBES

ZhangHongru

Scientific Supervisor: Gulidova L.V.

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: zhanghongru1993@gmail.com

Annotation. Investigation of the sorption capacity of carbon nanotubes for hydrogen. Familiarization with specially selected literature to explore methods of synthesis, structure, properties and applications of carbon nanotubes. Study of the theoretical principles of volumetric method, or saturation of the gas phase. Measurement of sorption capacity of carbon nanotubes on installation Gas Reaction Controller.

Водород является экологически чистым, эффективным, возобновляемым источником энергии, его используют в качестве топлива для автомобилей и других видов транспорта [1]. При хранении газообразный водород занимает большой объем, при взаимодействии с воздухом или кислородом легко воспламеняется и взрывается. А жидкий водород необходимо хранить при низкой температуре (от -252,76 до -259,2 °C), в противном случае он будет быстро переходить в газообразное состояние [2]. Для более эффективного использования водорода, необходимо усовершенствовать имеющиеся или найти новые способы хранения и транспортировки.

В настоящее время используются физические и химические методы для хранения водорода. Например, хранение в виде гидридов металлов, под высоким давлением в газообразном состоянии, при низкой температуре в жидком состоянии. Однако эти методы имеют много недостатков: высокая стоимость, низкий уровень безопасности, неудобное использование при транспортировке [3].

Хранение водорода с использованием углеродных нанотрубок (УНТ) может решить эти проблемы. Углеродные материалы, в том числе нановолокна и нанотрубки, обладают рядом преимуществ. Такие материалы достаточно легкие, имеют полую структуру, могут быть использованы в качестве контейнера для хранения водорода, сохраняя плотность газообразного водорода. При нагревании водород может медленно высвобождаться из углеродных материалов. Диаметр нанотрубок от одного до нескольких десятков нанометров, длина может достигать нескольких сантиметров [4]. Трубки состоят из одной или нескольких свёрнутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (графенов) и заканчиваются обычно «полусферической» головкой, которая может рассматриваться как половина молекулы фуллерена [5]. На рисунке 1 представлены микрофотографии исследуемого углеродного материала, полученные с помощью сканирующего и просвечивающего микроскопа.

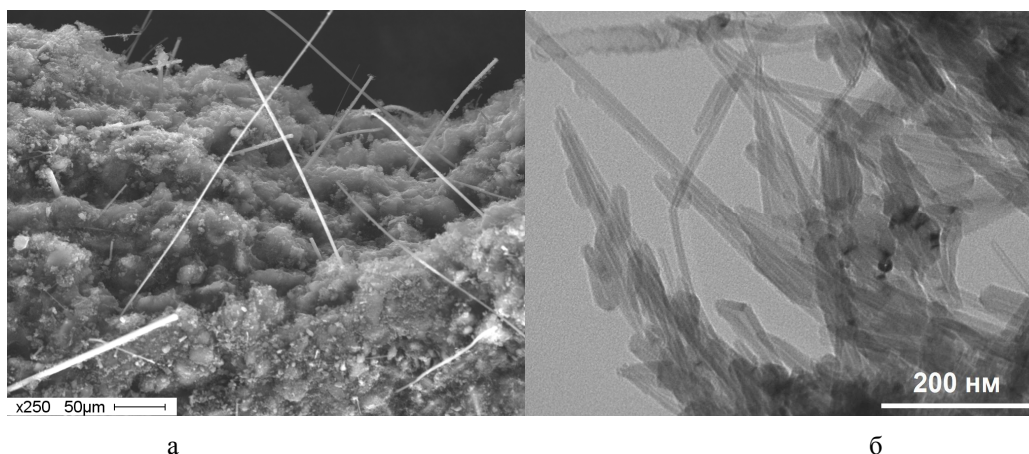


Рис.1. Микрофотографии углеродного материала, полученные с помощью сканирующего (а) и просвечивающего (б) микроскопа

УНТ, способные аккумулировать водород, можно разделить по энергии связи. Наименьшая прочность связи характерна для физической адсорбции водорода. Физическая сорбция молекулярного водорода на поверхности УНТ за счёт сил межмолекулярного Ван-дер-Ваальсова взаимодействия. Ван-дер-ваальсовы силы, это силы межмолекулярного (и межатомного) взаимодействия с энергией 10-20 кДж/моль. Основным преимуществом данного вида сорбции является отсутствие нагрева для разрыва связей при десорбции водорода из образца, что упрощает процесс разрядки [6]. Большинство экспериментов по насыщению водородом углеродных материалов проводится при сверхнизких температурах, что приводит к лишним затратам при его хранении. Таким образом, есть необходимость исследования сорбционной способности углеродных материалов при нормальных условиях и пониженной температуре.

Насыщение водородом углеродных нанотрубок проводилось из газовой фазы на установке GasReactionController [7] в диапазоне температур от -30°C до 25°C с увеличением давления до 8 атм. На рисунках 2 и 3 представлены зависимости концентрации водорода в образцах от давления в процессе реализации цикла сорбции-десорбции при различных температурах.

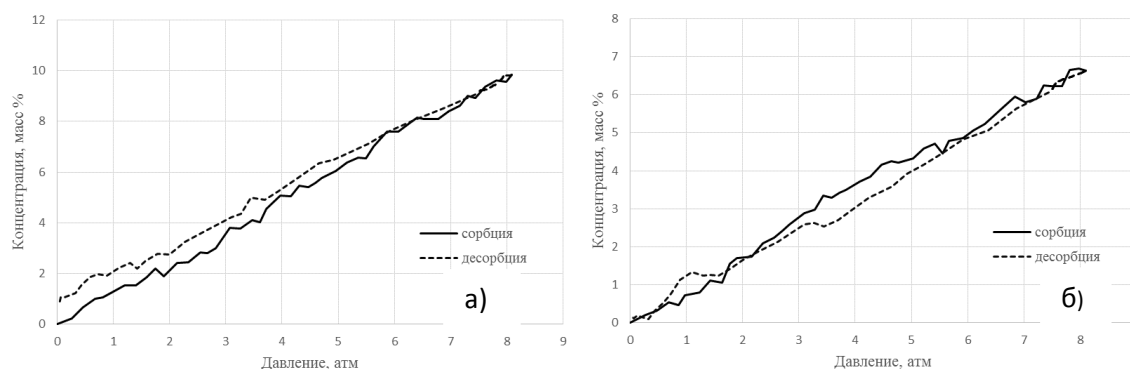


Рис.2. Графики зависимости концентрации водорода в образцах от давления в процессе реализации цикла сорбции-десорбции: а) при температуре -30 °С; б) при температуре 0°С

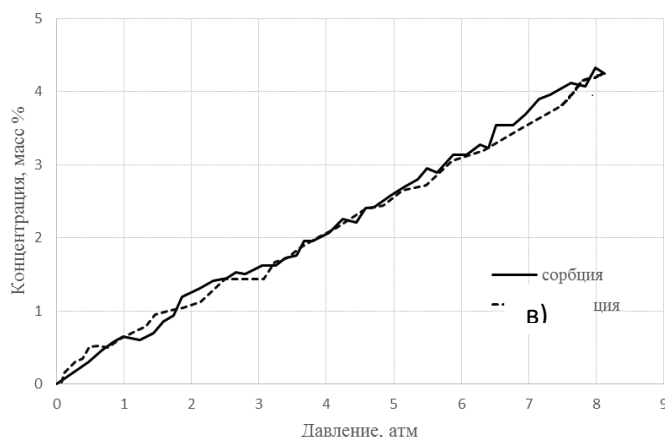


Рис.3. График зависимости концентрации водорода в образцах от давления в процессе реализации цикла сорбции-десорбции при температуре 25 °C

Из графиков (рис. 2 и 3) видно, что чем выше давление, тем сильнее адсорбционная способность углеродного материала. При давлении 8 атм концентрация сорбированного водорода достигает 10 масс.%. Снижение температуры также приводит к увеличению сорбционной емкости материала. Таким образом, температуры -30°C достаточно для использования этого режима при насыщении материала водородом.

В случае низкой температуры и высокого давления, молекулярных уменьшается кинетическая энергия теплового движения молекул уменьшается, молекулы не легко отделяются ван-дер-Ваальса, адсорбции водорода в углероде лучше. С другой стороны, в случае высокой температуры и низком давлении, водород не очень хорошо адсорбируется на углеродных нанотрубках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулик О.П., Чернышев Л.И. Водородная энергетика: хранение и транспортировка водорода (ОБЗОР). – 67 с.
2. Гамбург Д.Ю. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справ. Издание. – М.: Химия, 1989. – 672 с.
3. Тарасов Б.П. Гольдшлегер Н.Ф. Сорбция водорода углеродными наноструктурами // Альтернативная энергетика и экология / –2002. – №3. – С. 20–38.
4. Los Alamos National Laboratory (2004, September 17). Laboratory Grows World Record Length Carbon Nanotube. ScienceDaily. Retrieved December 18, 2013, – Режим доступа: <http://www.sciencedaily.com/releases/2004/09/040917091336.htm>
5. Елецкий А. В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства // Успехи физических наук / –2002. —Т. 172. – № 4.
6. Булярский С.В., Басаев А.С. Хемосорбция водорода углеродными нанотрубками // Журнал технической физики, 2009, том 79, вып. 11 02;06.
7. Advanced Materials Corporation (AMC): Pressure–Composition Isotherm –PCI. –P.Measurement System Gas Reaction Controller [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://advanced-material.com>